

DISSERTATIONS – und FOTODRUCK FRANK oHG
8000 München 2 · Gabelsbergerstr. 15 · Tel.: 2 80 90 90

Aus dem Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie
in Erling-Andechs.

Direktor: Prof. Dr. Aschoff.

DIE TAGESPERIODISCHEN SCHWANKUNGEN WILLKÜRLICHER
PSYCHOMOTORISCHER AKTIVITÄT UND DEREN BEEINFLUSS-
BARKEIT DURCH SCHLAFENTZUG.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Marion Winnewisser geb. Metzing

aus

München

1972



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München.

Berichterstatter: Prof. Dr. Aschoff

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Kramer

Dekan: Prof. Dr. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 31. Juli 1972

INHALTSVERZEICHNIS

I. Einleitung	Seite 1
II. Methodik	3
III. Ergebnisse	
1. Bevorzugtes und schnellstes Klopfen: Tagesgang der Inter- valle und interindividuelle Variabilität.	6
2. Vergleich der Klopfinter- valle bei beiden Geschlech- tern und beiden Klopffarten.	13
3. Vergleich der Klopfinterval- le beider Hände.	19
4. Vergleich der Tagesgänge beider Klopffarten.	24
IV. Diskussion der Ergebnisse	
1. Schlafentzug und Motivation	28
2. Die unterschiedliche Auswirk- ung des Schlafentzuges auf die Schwingungsparameter der beiden Klopffarten.	31
3. Streuung und Variabilität	32

4. Die Korrelation der Klopfgeschwindigkei- ten von rechter und von linker Hand.	34
5. Der Geschlechtsunter- schied.	35
V. Zusammenfassung	37
Literaturverzeichnis	39

I. EINLEITUNG

Bislang richteten sich Untersuchungen über die Tagesperiodik des Menschen hauptsächlich auf die Periodik des Schlaf-Wach-Rhythmus sowie auf die Periodik autonomer physiologischer Funktionen (zusammenfassende Arbeiten bei 40, 26 und 27), während über die Tagesperiodik psychomotorischer Funktionen und deren Beeinflussbarkeit durch unterschiedliche Bedingungen weniger Untersuchungen vorliegen.

Um derartige Untersuchungen am Menschen über mehrere Tage und ohne stärkeren Eingriff in die normale Lebensweise der Versuchspersonen ausführen zu können, müssen die Testmethoden mehrere Bedingungen erfüllen:

1. die Messungen sollen beliebig oft wiederholbar sein,
2. die einzelnen Meßzeiten sollen kurz sein,
3. Lern-Effekte sollen möglichst gering sein.

Hinweise in der Literatur (1, 33, 37) und eigene Vorversuche lassen das Klopfen (engl.: "Tapping") als eine Methode der Wahl erscheinen. Dieser speziell in der angloamerikanischen Literatur eingeführte Test kann in zwei Formen ausgeführt werden: einmal als "schnellstes Klopfen" (andere Nomenklatur: "Taktiermethode", "Motilität"), zum anderen als "bevorzugtes Klopfen" (andere Nomenklatur: "Persönliches Tempo", "Spontanes Tempo", "Psychomotorisches Tempo").

Beide Klopfarten wurden schon vielseitig verwendet. Früheste Angaben stammen von v.d. KRIES (24), der das Klopfen als Taktiermethode benutzte, um schnellste

Fingerbewegungen feststellen zu können. Auch im Rahmen erbbiologischer Untersuchungen (15), zur Charakterisierung von Konstitutionstypen (13, 22) und als Maß für Geschlechtsunterschiede (36) wurden diese Tests benutzt. Wohl am häufigsten fand das Klopfen als Ermüdungstest bei Schlafentzug (7, 8, 9, 12, 18, 37) oder als Maß für "motorischen Antrieß" (19a) und "motorischer Reaktion" (33) Verwendung.

II. METHODIK

Untersucht wurden über drei Tage hinweg die Tagesperiodik einfacher psychomotorischer Funktionen

- a. bei normalem Schlaf-Wach-Rhythmus
- b. unter Schlafentzug.

Die 6 weiblichen (18 - 25 Jahre) und die 6 männlichen (16 - 21 Jahre) Versuchspersonen gingen tagsüber zwischen den einzelnen Messungen ihrer gewohnten Arbeit nach und mußten während der ersten zwei Tage bis spätestens 22⁰⁰ Uhr im Bett liegen. Alkoholische Getränke, Kaffee, Tee und Zigaretten waren untersagt. Während der ersten beiden Nächte wurden die Versuchspersonen zu den Versuchszeiten jeweils geweckt (24⁰⁰-3⁰⁰-6⁰⁰ Uhr), die dritte Nacht mußten sie durchwachen. Sie hielten sich zu diesem Zweck in einem Gemeinschaftsraum auf und vertrieben sich die Zeit mit Gesellschaftsspielen, Lesen und Unterhaltung. Um die Motivation der Versuchspersonen hoch zu halten, wurde ihnen das wahre Ende der Versuchsreihe vorher nicht mitgeteilt.

Gemessen wurde alle drei Stunden in einer symmetrischen Anordnung um die volle Stunde herum (z.B. von 15 min. vor 12⁰⁰ Uhr bis 15 min. nach 12⁰⁰ Uhr), um später die Meßergebnisse auf die volle Stunde beziehen zu können. Jede Test-Sitzung währte 10 Minuten und setzte sich aus folgenden Messungen zusammen:

- a. Reaktionszeit (optisch und akustisch)
- b. Handkraft mittels Dynamometer, erst rechts dann links
- c. Bevorzugtes Klopfen links
- d. Schnellstes Klopfen, erst rechts dann links
- e. Bevorzugtes Klopfen rechts
- f. Handkraft mittels Dynamometer, erst rechts dann links.

Die hier mitgeteilten Ergebnisse beschränken sich auf die Messungen des schnellsten und des bevorzugten Klopfens (für weitere Ergebnisse siehe diesbezügliche Veröffentlichung 1972 (3).

Geklopft wurde mit dem Zeigefinger auf eine Morsetaste; der Handballen ruhte während des Klopfens auf der Unterlage. Die Morsetaste war mit einem Schnellschreiber (Oscillomink, Flüssigkeitsstrahloszillograph Siemens) verbunden, der die Klopfintervalle als Strichabstände registrierte. Die Versuchsperson begann und endete mit dem Klopfen jeweils auf Aufforderung des Versuchsleiters: "Klopfen Sie so schnell wie möglich" (Aufforderung für das schnellste Klopfen) bzw. "Klopfen Sie in einem Ihnen Angenehmen Tempo" (Aufforderung für das bevorzugte Klopfen). Geklopft wurde - nach einer kurzen "Einklopfzeit" - jeweils 30 sec. nach der Stoppuhr. Bei der Auswertung wurden die Registrierungen in Gruppen von 10 Takten zusammengefaßt und darüber der Mittelwert gebildet.

Wir erhielten von jeder Versuchsperson jeweils 24 Meßdaten, die auf folgende Gesichtspunkte hin geprüft wurden:

- a. Nicht-zufällige Verteilung der Daten im Verlauf von 24 Stunden (Nicht-parametrische Rang-Varianzanalyse von Friedmann, modifiziert nach SIEGEL (19a)).
- b. Verschiedenheit der Intervalllängen zwischen den beiden Klopfarten bzw. Händen bzw. Geschlechtern (Mann-Whitney-U-Test, modifiziert nach SIEGEL (19a)).
- c. Korrelations- und Regressionsanalysen der mittleren Klopfintervalle zwischen den beiden Klopfarten bzw. Händen.

Als Einheit wurde das mittlere Intervall zwischen zwei

Klopfzeiten gewählt. Beim Auftragen der Daten in Diagrammen kommen die langsamen Klopfzeiten "oben", die schnellen Klopfzeiten "unten" zu liegen; in den folgenden Abbildungen - mit Ausnahme von Abb.8 und Abb.11 - stellt die durchgezogene Kurve jeweils die rechte, die gestrichelte Kurve jeweils die linke Hand dar.

III. ERGEBNISSE

III.1. Bevorzugtes und schnellstes Klopfen: Tagesgang der Intervalle und interindividuelle Variabilität.

Als typische Beispiele für die Tagesgänge beider Klopfarten sind in den Abb.1 und Abb.2 die Meßwerte von drei Versuchspersonen dargestellt. Beim Schnellsten Klopfen (Abb.1) sind die mit der rechten Hand erreichten Intervalle stets (Vp 6 und Vp 11) oder meist (Vp 9) kürzer als die mit der linken Hand erreichten Intervalle d.h. die Versuchspersonen klopfen mit der rechten Hand schneller als mit der linken Hand.

Die Tagesgänge der Klopfintervalle stimmen an beiden Händen weitgehend überein: bei normalem Schlaf-Wach-Rhythmus fallen Minima (kürzeste Klopfintervalle) auf den Tag, längste Klopfintervalle (Maxima) in die Nacht; bei Schlafentzug bleiben die Intervalle bis in die Nacht hinein kurz und steigen bei Vp 9 und Vp 11 nach Mitternacht, bei Vp 6 erst am nächsten Morgen wieder an.

Die Schwingungsbreite (Differenz zwischen Maximal- und Minimalwert) ist an den beiden Normal-Tagen bei Vp 11 um rund 50% größer als bei Vp 6 und erreicht einen um nochmal 50% höheren Wert bei Vp 9.

Beim bevorzugten Klopfen (Abb.2) werden die Unterschiede zwischen den Versuchspersonen noch augenfälliger: während sich bei Vp 6 und Vp 11 klare Tagesgänge nicht mehr nachweisen lassen, hat Vp 9 ausgeprägte Intervall-Minima zwischen 9⁰⁰ und 12⁰⁰ Uhr und Maxima gegen Mitternacht, zumindest der rechten Hand.

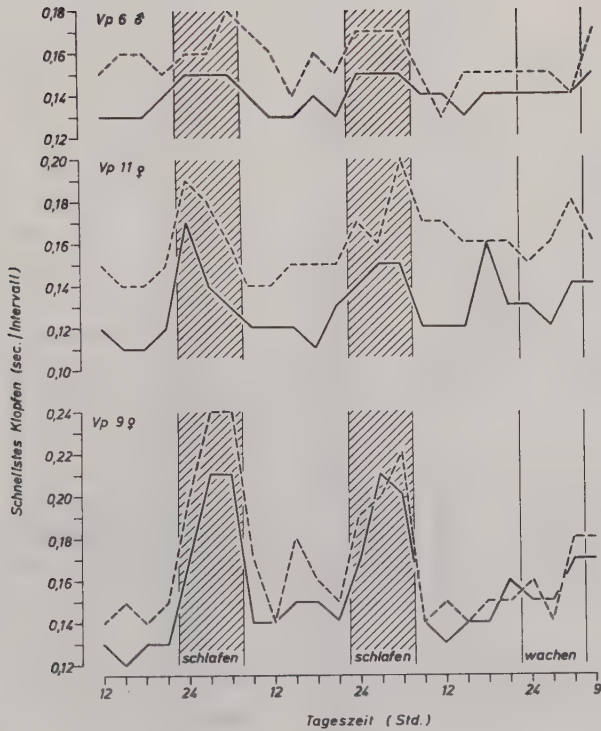


Abb.1 Schnellstes Klopfen. Tagesgänge der Intervalle von drei Versuchspersonen. Ausgezogen: rechte Hand. Gestrichelt: linke Hand. Schraffiert: Dunkelheit.

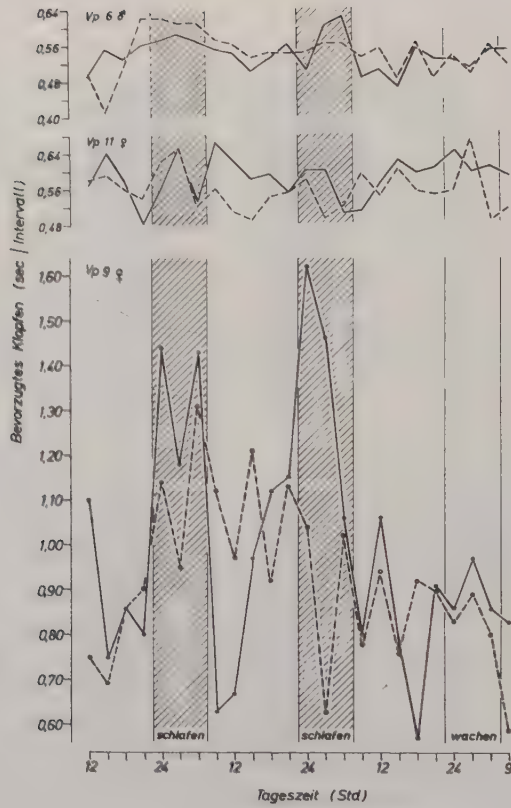


Abb.2 Bevorzugtes Klopfen. Tagesgänge der Intervalle von drei Versuchspersonen. Ausgezogen: rechte Hand. Gestrichelt: linke Hand. Schraffiert: Dunkelheit.

Die Schwingungsbreite des bevorzugten Klopfens bei Vp 9 entspricht etwa der des schnellsten Klopfens (Maximalwerte um 80% über den Minimalwerten). Im Mittel über 24 Stunden sind die Intervalle des bevorzugten Klopfens bei allen drei Versuchspersonen gegenüber dem schnellsten Klopfen um das vier- bis sechsfache verlängert.

In Abb.3 sind die Mittelwerte der Tagesgänge für alle 12 Versuchspersonen nach Klopfart und für beide Hände getrennt dargestellt. In allen vier Kurven sind während der ersten 48 Stunden Intervall-Maxima in der Nacht und -Minima am Tage zu erkennen. Bei Schlafentzug fehlt der nächtliche Anstieg der Werte oder setzt verzögert ein und bleibt gering. Die Intervalle der rechten Hand sind beim schnellsten Klopfen eindeutig länger als die der linken Hand; beim bevorzugten Klopfen verschwinden diese Unterschiede.

Ob es sich bei den in Abb.3 dargestellten Mittelwertskurven um echte Tagesgänge handelt oder ob die Werte zufällig verteilt sind, läßt sich mit Hilfe der Rang-Varianzanalyse nach Friedmann prüfen (Tab.1).

		Schnellstes Klopfen		Bevorzugtes Klopfen	
		rechts	links	rechts	links
1. Tag/Nacht	χ^2	20.73	14.65	9.16	9.47
	p	<0.01	<0.03	<0.30	<0.30
2. Tag/Nacht	χ^2	11.74	11.63	19.08	6.40
	p	<0.10	<0.10	<0.01	<0.30
3. Tag/Nacht	χ^2	17.84	6.49	16.09	9.07
	p	<0.01	<0.50	<0.03	<0.30

Tab.1 Untersuchung des Tagesgangs mit der Rang-Varianzanalyse nach Friedmann.

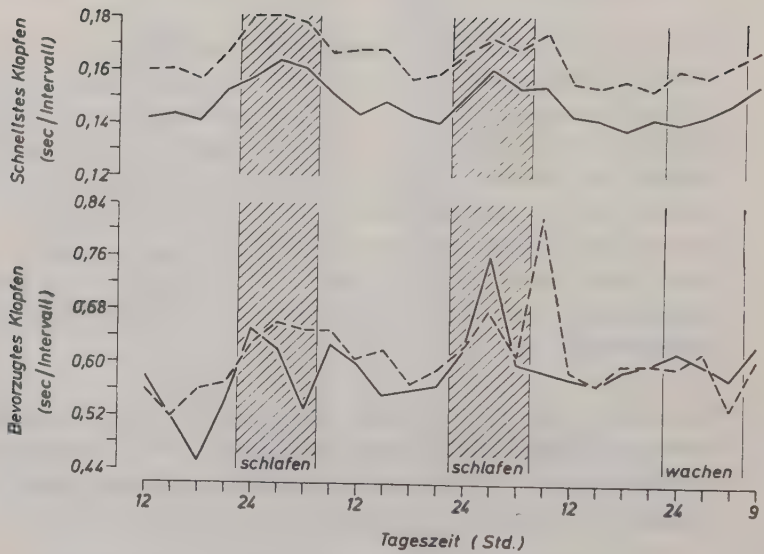


Abb.3 Schnellstes und bevorzugtes Klopfen. Mittelwerte der Intervalllängen von 12 Versuchspersonen. Ausgezogen: rechte Hand. Gestrichelt: linke Hand. Schraffiert: Dunkelheit.

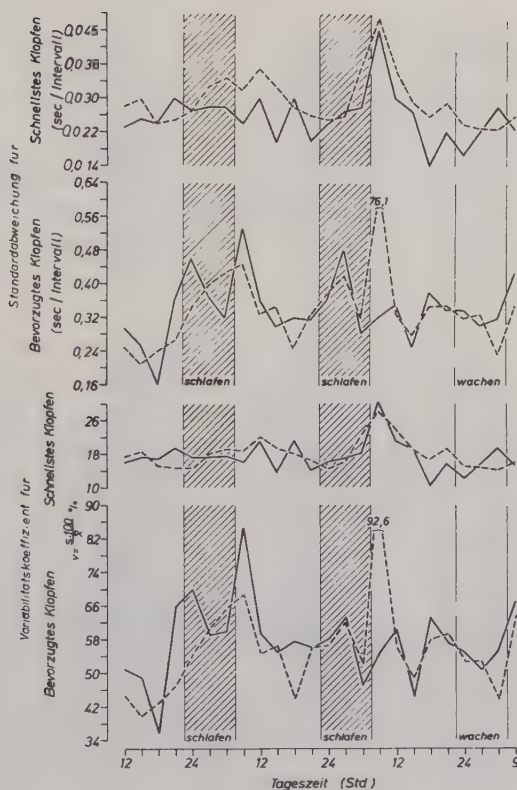


Abb.4 Tagesgänge der Standardabweichungen (obere zwei Kurven) und der Variabilitätskoeffizienten (untere zwei Kurven) für schnellstes und bevorzugtes Klopfen für 12 Versuchspersonen. Ausgezogen: rechte Hand. Gestrichelt: linke Hand. Schraffiert: Dunkelheit.

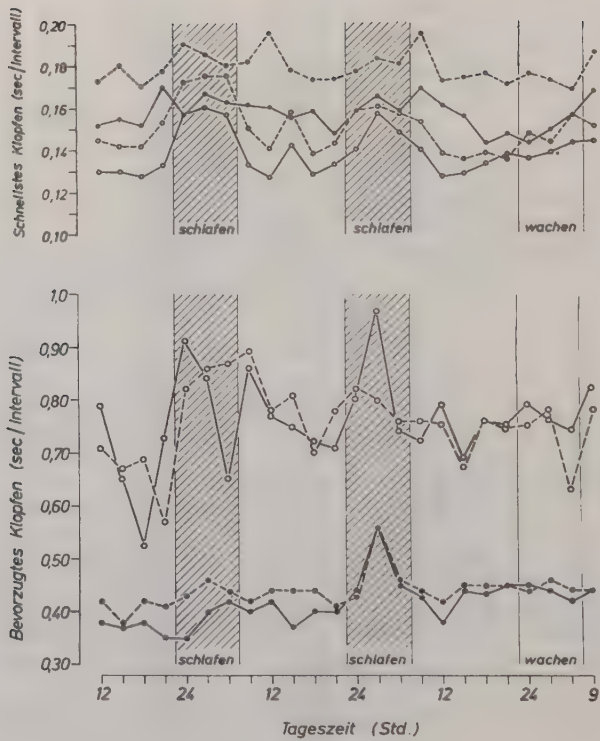


Abb.5 Schnellstes und bevorzugtes Klopfen. Mittelwerte der Intervalle für je 6 männliche (Punkte) und je 6 weibliche (Kreise) Versuchspersonen. Ausgezogen: rechte Hand. Gestrichelt: linke Hand. Schraffiert: Dunkelheit.

Für das schnellste Klopfen ist mit dieser Methode eine nicht-zufällige Verteilung der Lage der Maxima und Minima statistisch gesichert. Allerdings nehmen die χ^2 -Werte vom ersten zum dritten Tag hin ab; für die linke Hand läßt sich am dritten Tag eine nicht-zufällige Verteilung nicht mehr sichern. Beim bevorzugten Klopfen sind die Klopfintervalle der linken Hand an allen drei Tagen zufällig verteilt. Für die Klopfintervalle der rechten Hand läßt sich hingegen für die beiden letzten 24 Stunden eine nicht-zufällige Verteilung sichern.

Trotz der relativ ausgeprägten Tagesgänge sind die χ^2 -Werte deshalb so niedrig, weil die interindividuelle Streuung in die Berechnung eingeht. Ein Maß für die interindividuelle Streuung ist die Standardabweichung um den Mittelwert. (Abb.4, obere zwei Kurven): bei beiden Klopfarten fällt die hohe interindividuelle Streuung jeweils gegen 9⁰⁰ Uhr morgens und die Abnahme der Streuung während der dritten durchwachten Nacht auf. Zwischen den Klopfintervallen der rechten und der linken Hand ist bei beiden Klopfarten kein Unterschied in der interindividuellen Streuung festzustellen. Beim bevorzugten Klopfen scheint die interindividuelle Streuung in systematischer Beziehung zur Klopfgeschwindigkeit zu stehen: im Bereich der Maxima streuen die Intervalle stärker als im Bereich der Minima.

Da sich auch die Klopfarten untereinander im Mittel ihrer Intervalllängen wesentlich unterscheiden (etwa um den Faktor 4), ist es von Interesse zu untersuchen, ob sich auch die interindividuellen Streuungen beider Klopfarten unterscheiden. Die beiden Standardabweichungen lassen sich jedoch wegen der Unterschiede in den Absolutwerten nicht unmittelbar miteinander vergleichen sondern nur in Bezug auf die Absolutwerte. Es wurden deswegen die Variabilitäts-

koeffizienten für beide Klopfarten errechnet (untere zwei Kurven Abb.4): der Variabilitätskoeffizient für das bevorzugte Klopfen ist im Mittel um den Faktor 3 größer als der des schnellsten Klopfens. Das bedeutet, daß man bei schnellerem Klopftempo (kurze Intervalle) geringe interindividuelle Streuungen erwarten darf, bei langsamen Klopfzeiten (große Intervalle) mit größeren Streuungen rechnen muß. Demnach fallen also beim bevorzugten Klopfen die interindividuellen Streuungen wesentlich größer aus als beim schnellsten Klopfen.

2. Vergleich der Klopffintervalle bei beiden Geschlechtern und beiden Klopfarten.

Zur Darstellung der Geschlechtsunterschiede sind in Abb.5 die mittleren Klopffintervalle der 6 weiblichen Versuchspersonen den mittleren Klopffintervallen der 6 männlichen Versuchspersonen gegenübergestellt. Beim schnellsten Klopfen (obere Bildhälfte) sind die Klopffintervalle der männlichen Versuchspersonen sowohl für die rechte als für die linke Hand im Mittel länger als die der weiblichen Versuchspersonen. D.h. die männlichen Versuchspersonen erreichen in Mittel nicht so hohe Klopffgeschwindigkeiten wie die weiblichen Versuchspersonen. Daß diese unterschiedlichen Klopffgeschwindigkeiten der Geschlechter nicht zufälliger Natur sind, konnte statistisch mit dem Mann-Whitney-U-Test auf dem 5%-Niveau abgesichert werden. Der gegenüber den männlichen Versuchspersonen deutlichere Tagesgang und eine größere Schwingungsbreite zeichnet sich bei der Gesamtheit der weiblichen Versuchspersonen genauso wie bei den einzelnen Versuchspersonen in Abb.1 und Abb.2 (S.8) auch hier in Abb.5 ab und zwar sowohl beim schnellsten Klopfen (obere zwei Kurven) als auch beim bevorzugten Klopfen

(untere zwei Kurven).

Die Klopfgeschwindigkeiten der Geschlechter verhalten sich beim bevorzugten Klopfen genau umgekehrt wie beim schnellsten Klopfen: die Gesamtheit der weiblichen Versuchspersonen wählt jetzt langsamere Klopfgeschwindigkeiten als die männlichen Versuchspersonen. Mit dem U-Test ist dieser Unterschied in den Klopfgeschwindigkeiten hochsignifikant.

Um die beiden Schwingungsparameter Tagesgang und Schwingungsbreite noch mehr zu verdeutlichen, wurde für die folgenden drei Abbildungen (Abb.6,7,8) das 3-Tage-Mittel der Klopfgeschwindigkeiten gebildet und die zu jeder Meßzeit erreichten Klopfgeschwindigkeiten als prozentuale Abweichung von diesem 3-Tage-Mittel aufgetragen. Bei beiden Klopfarten zeichnet sich ein Tagesgang deutlich ab: die Intervall-Minima fallen auf die Tageszeiten, die -Maxima liegen in den Nachtzeiten. In der durchwachten Nacht senkt sich das Kurvenniveau zumindest für das schnellste Klopfen deutlich, die Klopffintervalle werden kürzer und erreichen erst gegen Ende der dritten Nacht wieder das Mittel (Abb.6). Beim bevorzugten Klopfen senkt sich das Kurvenniveau in der dritten Nacht lediglich bei den Klopfgeschwindigkeiten der linken Hand (Abb.7).

Dieses unterschiedliche Reagieren der beiden Klopfarten auf den Schlafentzug ist in Abb.8 deutlich zu sehen: die Klopffintervalle der rechten Hand (untere zwei Kurven) verhalten sich in der dritten Nacht bei den beiden Klopfarten fast gegensinnig. Während sich beim schnellsten Klopfen das Niveau drastisch senkt, werden die Klopfgeschwindigkeiten beim bevorzugten Klopfen von der rechten Hand beigehalten, Maxima und Minima fallen auf die gleichen Uhrzeiten wie am ersten Tag.

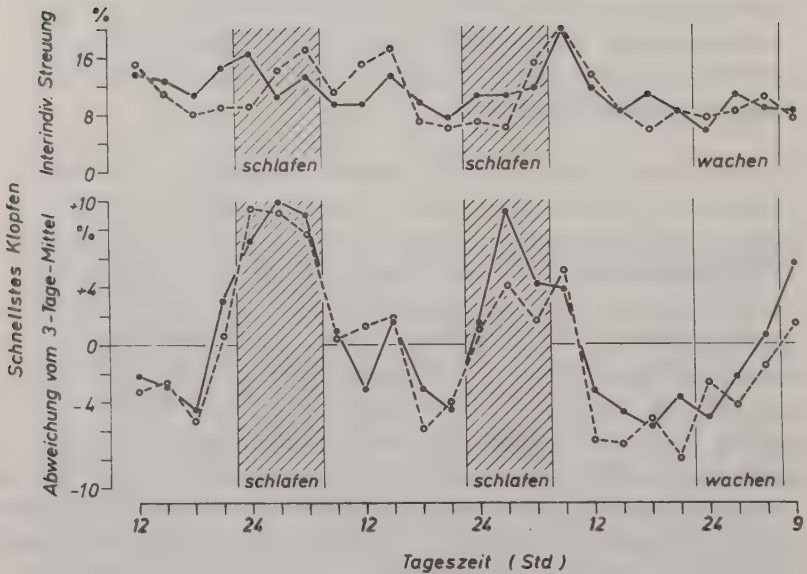


Abb.6 Tagesgang der Intervalle des schnellsten Klopfens im Mittel von 12 Versuchspersonen, ausgedrückt als prozentuale Abweichung vom 3-Tage-Mittel (untere zwei Kurven) und Tagesgang der interindividuellen Streuung, errechnet aus den Prozentwerten der 12 Einzelkurven (obere zwei Kurven). Ausgezogen: rechte Hand. Gestrichelt: linke Hand. Schraffiert: Dunkelheit.

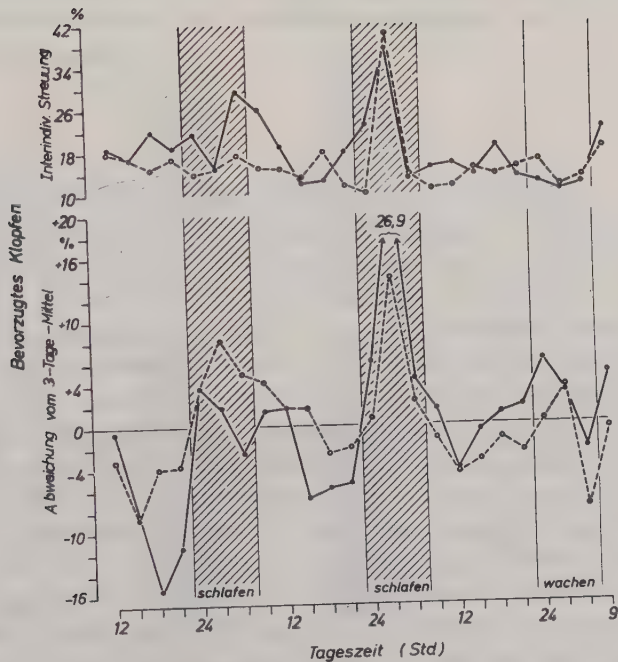


Abb. 7 Tagesgang der Intervalle des bevorzugten Klopfens im Mittel von 12 Versuchspersonen, ausgedrückt als prozentuale Abweichung vom 3-Tage-Mittel (untere zwei Kurven) und Tagesgang der interindividuellen Streuung, errechnet aus den Prozentwerten der 12 Einzelkurven (obere zwei Kurven). Ausgezogen: rechte Hand. Gestrichelt: linke Hand. Schraffiert: Dunkelheit.

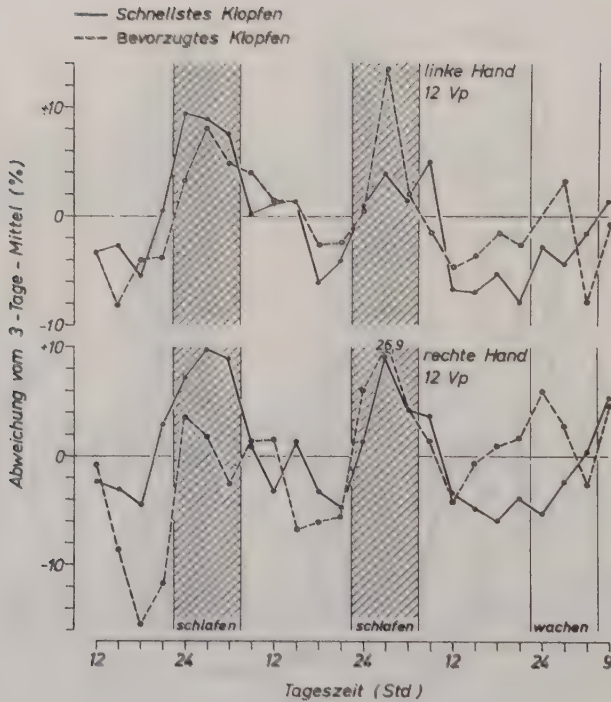


Abb.8 Tagesgänge der Intervalle von schnellstem und bevorzugtem Klopfen, für linke und rechte Hand gemittelt über 12 Versuchspersonen und ausgedrückt als prozentuale Abweichung vom 3-Tage-Mittel. Ausgezogen: schnellstes Klopfen. Gestrichelt: bevorzugtes Klopfen. Schraffiert: Dunkelheit.

Die Schwingungsbreite des bevorzugten Klopfens beträgt mitunter das Doppelte der des schnellsten Klopfens, die interindividuellen Streuungen des bevorzugten Klopfens sind mitunter dreifach so groß wie die des schnellsten Klopfens.

3. Vergleich der Klopffintervalle beider Hände.

Die prozentualen Abweichungen vom 3-Tage-Mittel haben für die über die 12 Versuchspersonen gemittelten Klopffintervalle bei beiden Klopfarten für die rechte und für die linke Hand einen nahezu übereinstimmenden Tagesgang, d.h. also eine nahezu übereinstimmende Verteilung der Lage ihrer jeweiligen Intervall-Maxima und -Minima und eine nahezu gleich große prozentuale Schwingungsbreite (Abb.8). Eine nahezu gleich große Schwingungsbreite d.h. eine jeweils etwa gleichgroße prozentuale Abweichung vom 3-Tage-Mittel bedeutet, daß jede Änderung der Klopffintervalle - ein Langsamer- bzw. Schnellerwerden der Klopffgeschwindigkeit - von rechter wie von linker Hand gleichermaßen vollzogen wird. Im Mittel müßten somit die Klopffgeschwindigkeiten der rechten Hand und der linken Hand übereinstimmen. In Abb.9 wurde für jede einzelne Versuchsperson die über die 24 Meßzeiten gemittelten Klopffintervalle (in Absolutwerten) der rechten und der linken Hand in ein Diagramm aufgetragen und die dazugehörigen Korrelations- und Regressionsgeraden eingezeichnet. Für beide Klopfarten ist der Korrelationskoeffizient r für die mittleren Klopffintervalle beider Hände mit $r=0.906$ beim schnellsten Klopfen und $r=0.989$ beim bevorzugten Klopfen statistisch hochsignifikant.

Da auch die Tagesgänge der über die 12 Versuchspersonen

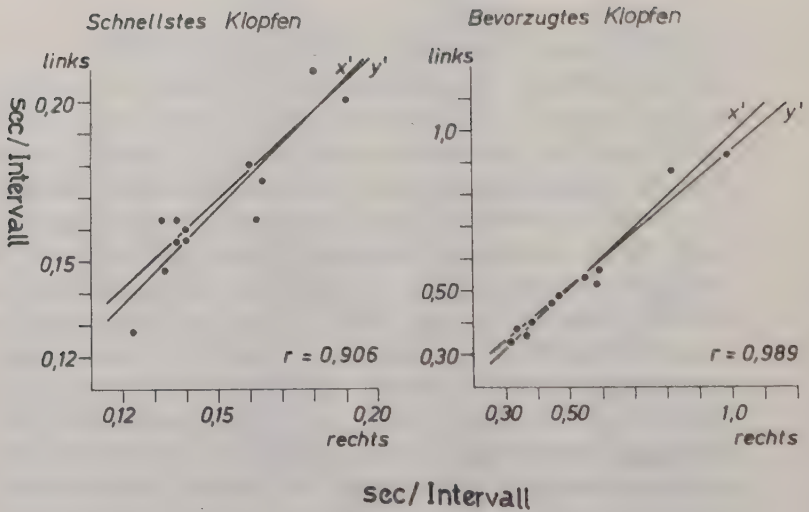


Abb.9 Länge der über drei Tage gemittelten Klopffintervalle der linken Hand als Funktion der der rechten Hand für schnellstes und bevorzugtes Klopfen. Mittelwerte von 12 (schnellstes Klopfen) bzw. 11 (bevorzugtes Klopfen) Versuchspersonen.

gemittelten Klopfgeschwindigkeiten (Abb.6 und Abb.7, S.16, und S.17) an rechter und an linker Hand weitgehend übereinstimmen, wurde auch noch der Korrelationskoeffizient der Klopfintervalle beider Hände über alle Meßdaten hinweg errechnet (Tab.2 und Abb.10):

	Schnellstes	Bevorzugtes
	Klopfen	Klopfen
Vp 1	0.226	0.860
2	0.382	0.318
3	0.861	0.227
4	0.221	0.914
5	0.152	0.232
6	0.537	0.506
7	0.139	0.457
8	0.668	0.381
9	0.906	0.307
10	0.788	-0.063
11	0.689	0.189
12	0.583	0.307

Tab.2 Korrelationskoeffizient r der Klopfintervalle von rechter und linker Hand über alle Meßzeiten.

Beim schnellsten Klopfen erreichen 7 von 12 Versuchspersonen einen Koeffizienten, der eine auf dem 5%-Niveau gesicherte Signifikanz aufweist, beim bevorzugten Klopfen sind nur noch bei drei Versuchspersonen die Klopfgeschwindigkeiten der rechten und der linken Hand zu den jeweiligen Meßzeiten signifikant miteinander korreliert. Während beim Bevorzugten Klopfen diese drei

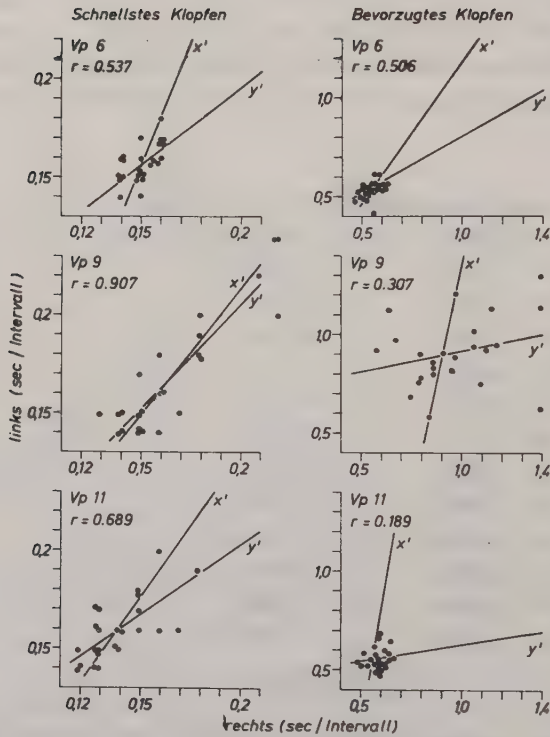


Abb.10 Länge der Klopfintervalle der linken Hand als Funktion gleichzeitig gemessenen Länge der Klopfintervalle der rechten Hand für schnellstes und bevorzugtes Klopfen von drei verschiedenen Versuchspersonen.

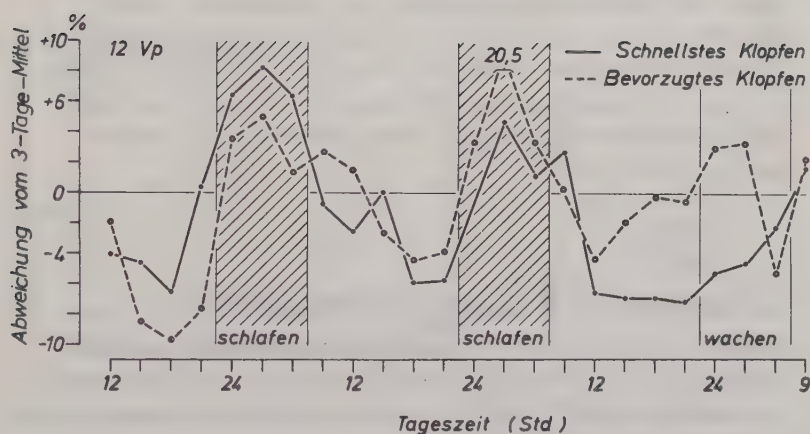


Abb.11 Tagesgänge der Intervalle von schnellstem und bevorzugtem Klopfen, ausgedrückt als prozentuale Abweichung vom 3-Tage-Mittel. Jeder Meßwert ist das Mittel beider Hände, gemittelt über 12 Versuchspersonen. Ausgezogen: schnellstes Klopfen. Gestrichelt: bevorzugtes Klopfen. Schraffiert: Dunkelheit.

Versuchspersonen alle männlichen Geschlechtes sind, setzen sich die sieben Versuchspersonen beim schnellsten Klopfen größtenteils aus Frauen zusammen. Nur in einem einzigen Fall weist eine Versuchsperson (Vp 6) für beide Klopfarten signifikante Korrelationen zwischen den KlopfintervalLEN beider Hände zu den einzelnen Meßzeiten auf.

Die Aussage dieser Tabelle spiegelt sich auch in den drei Versuchspersonen wieder, die anfänglich (Abb.1 und Abb.2, S. 7 und S. 8) als representative Beispiele dargestellt wurden (Abb.10): beim schnellsten Klopfen sind die Korrelationskoeffizienten für alle drei Versuchspersonen signifikant, beim bevorzugten Klopfen nur noch für Vp.6.

4. Vergleich der Tagesgänge beider Klopfarten

Da die mittleren KlopfintervalLE der rechten und der linken Hand miteinander korrelieren (Abb.9) erscheint es gerechtfertigt, auch noch das Mittel über diese mittleren KlopfintervalLE von rechter und von linker Hand zu bilden (ausgedrückt als prozentuale Abweichung vom 3-Tage-Mittel), um noch einmal die Schwingungsparameter und deren Beeinflussung in der dritten durchwachten Nacht zu vergleichen (Abb.11). Während der ersten beiden Tage und Nächte stimmen die beiden Klopfarten in Ihrem Tagesgang weitgehend überein, die Schwingungsbreite ist beim bevorzugten Klopfen etwas größer als beim schnellsten Klopfen, obwohl durch das Mitteln diese Differenz gegenüber Abb.7 und Abb.8 (S.17 und S.18) verringert worden ist.

Durch die durchwachte Nacht werden die beiden Klopfarten in unterschiedlicher Weise beeinflusst: beim schnellsten

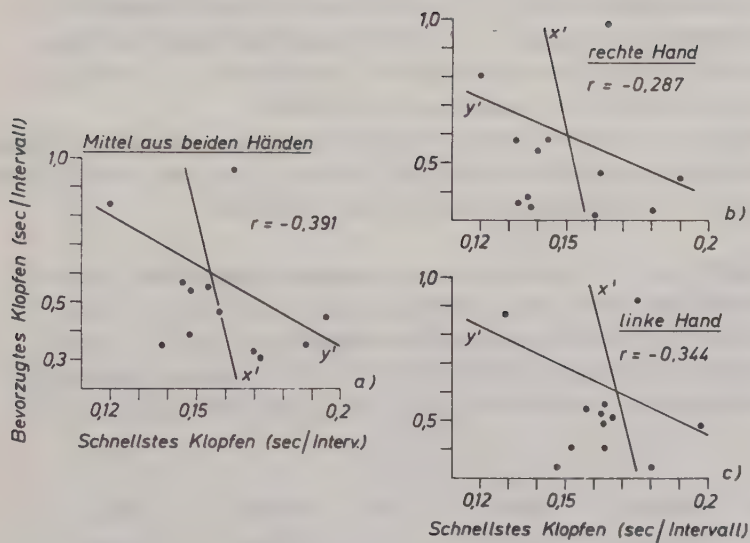


Abb.12 Länge der Intervalle des bevorzugten Klopfens als Funktion der Länge der Intervalle des schnellsten Klopfens. Über drei Tage gemittelte von 12 Versuchspersonen.

Klopfen bleiben die Klopffintervalle verkürzt und erreichen erst gegen Ende der dritten Nacht wieder das 3-Tage-Mittel. Wohl senkt sich auch beim bevorzugten Klopfen das Niveau der Klopffgeschwindigkeit, es bleibt jedoch ein nächtliches Maximum bestehen und zwar zur gleichen Meßzeit wie in den vorangegangenen Nächten. Es verkürzen sich also in der durchwachten Nacht bei beiden Klopfarten im Mittel die Klopffintervalle - verglichen mit den beiden vorangegangenen Nächten.

Während beim bevorzugten Klopfen die Lage des nächtlichen Maximums unverändert bestehen bleibt, ist beim schnellsten Klopfen ein Tagesgang nicht mehr erkennbar.

Obwohl die Differenz der Schwingungsbreiten der beiden Klopfarten nicht sehr groß ist (Abb.11, S.23), korrelieren die mittleren Klopffintervalle der beiden Klopfarten nicht miteinander (Abb.12). Die Korrelationskoeffizienten r sind nicht signifikant von NN verschieden.

Vp	rechts	links	Vp	rechts	links
1	-0.372	0.060	7	0.122	0.420
2	-0.107	0.205	8	0.064	0.223
3	0.059	0.118	9	0.613	0.380
4	0.304	0.080	10	-0.177	0.157
5	-0.061	-0.247	11	-0.107	0.126
6	0.354	0.170	12	-0.030	0.180

Tab.3 Korrelationskoeffizient r der mittleren Klopffintervalle zwischen schnellstem und bevorzugtem Klopfen, getrennt für beide Hände.

Auch die mittleren Klopffintervalle der beiden Klopff-

arten , für rechte und linke Hand getrennt (Tab.3), weisen keine statistisch signifikante Korrelation auf (Abb.12b und c). Das bedeutet, daß eine Versuchsperson, die beim schnellsten Klopfen eine hohe mittlere Klopfgeschwindigkeit erreicht, nicht auch beim bevorzugten Klopfen im Mittel schneller bzw. langsamer klopft und umgekehrt.

IV. DISKUSSION DER ERGEBNISSE

IV.1. Schlafentzug und Motivation

Ist das Verkürzen der Klopfintervalle bei beiden Klopfarten in der dritten Nacht auf einen Einfluß des Schlafentzuges zurückzuführen oder ist es nur als allgemeiner Trend innerhalb der drei Tage und drei Nächte lang währenden Klopf Tätigkeit zu werten?

	Schnellstes Klopfen		Bevorzugtes Klopfen	
	(sec/Intervall)			
1. Tag	0.152	0.005	0.537	0.030
1. Nacht	0.167	0.006	0.629	0.023
3. Tag	0.148	0.001	0.583	0.016
3. Nacht	0.154	0.005	0.600	0.028

Tab.4 Mittlere Klopfgeschwindigkeiten (=Intervallängen) pro Tag und pro Nacht.

Um die Klopfgeschwindigkeiten (Intervallängen) der einzelnen Tage und Nächte vergleichen zu können, wurde das arithmetische Mittel der Intervallängen von rechter und von linker Hand gemeinsam für jeden Tag von 12⁰⁰ bis 24⁰⁰ Uhr und für jede Nacht von 24⁰⁰ bis 9⁰⁰ Uhr ermittelt (Tab.4).

Ein Vergleich der mittleren Klopfgeschwindigkeiten des ersten und des letzten Tages zeigt, daß die mittleren Klopfintervalle sich für das schnellste Klopfen verkürzt, für das bevorzugte Klopfen jedoch verlängert haben. Dieses Verlangsamen der Klopfgeschwindigkeit beim bevorzugten Klopfen am dritten Tag gegenüber dem ersten läßt sich statistisch mit Hil-

fe des Student-t-Tests mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha=5\%$ absichern und ist wohl auf ein allgemeines Nachlassen der Leistungsmotivation zurückzuführen.

Beim schnellsten Klopfen hingegen ist das Verkürzen der Klopffintervalle am dritten Tag statistisch nicht signifikant, es besteht also zwischen den Klopfgeschwindigkeiten der beiden Tage kein Unterschied. Diese Beobachtung des Einhaltens eines bestimmten Niveaus machte auch REAM 1922 (33), der bei ähnlichen Versuchen einen Lern-Trend erwartete und feststellen mußte, daß die Motilität auch nach mehrtägiger Übung keinen wesentlichen Schnelligkeitszuwachs erfuhr. Er nahm dieses Phänomen als Beweis dafür, daß die Motilität zwar nur eine aber dafür grundlegende Komponente ("basic component") der motorischen Aktivität sei. Das Verkürzen der Klopffintervalle in der dritten Nacht gegenüber der ersten Nacht ist statistisch abgesichert. Vergleicht man jedoch die Klopfgeschwindigkeiten der dritten Nacht mit denen des vorangegangenen dritten Tages, so läßt sich mit dem Student-t-Test kein signifikanter Unterschied feststellen. D.h. in der dritten Nacht wurde lediglich das vorangegangene Tagesniveau aufrechterhalten, während die Verlängerung der Klopffintervalle in der ersten Nacht gegenüber dem vorangegangenen Tag statistisch signifikant ist. Es findet demnach in der durchwachten Nacht im Gegensatz zum ersten Tag-Nacht Komplex kein "Leistungsabfall" statt. Dies ist insofern bemerkenswert, da erstens der "Weckreiz" der anderen Nächte in der durchwachten Nacht fortfällt und zweitens eine wohl anzunehmende physische und psychische Ermüdung durch eine zusätzliche Leistungsmotivation kompensiert werden muß. Übereinstimmend mit Ergebnissen von ASCHOFF et al. (3) bei Reaktionszeiten kann dieses Phänomen mit einer "Aktivierung des Organismus" erklärt werden, die durch den Zwang, aufbleiben zu müssen, bedingt sein kann.

WARREN und CLARK (40) fanden 1937 bei ihren Klopfversuchen ("Taktiermethode als Ermüdungstest") sogar nach 40 bis 60 Stunden Schlafentzug gegenüber ausgeschlafenen Versuchspersonen keinen Unterschied in den Klopfgeschwindigkeiten. WILKINSON (39) bestätigte 1958 diese Befunde und fand für dieses "Phänomen" seinerseits folgende Erklärung: wohl sinke die Vigilanz schon nach einer durchwachten Nacht ab, dennoch könnten bei kurzzeitigen Funktionsproben keine Veränderung nachgewiesen werden, da auch eine "ermüdete" Versuchsperson in der Lage wäre, kurzzeitig ihr "Motivationsniveau" aufrechtzuerhalten. 1965 (39) erweiterte er seine Erklärung dahingehend, daß "...einfache und sehr interessante Arbeiten sogar bei länger dauernden Schlafentzug ohne Abfall der Leistung durchgeführt werden könnten". Auch ADAMS (5) bestätigte durch seine Klopfversuche, daß sich zwar größere Unregelmäßigkeiten des Leistungsverlaufes bei Schlafentzug andeuteten, jedoch würden im Großen und Ganzen die eingestreuten Leistungsteste keine oder nur geringfügige Veränderungen zwischen Beginn und Ende der Versuche aufweisen.

Bislang wurden Schlafentzugversuche immer in Gruppen von mehreren Versuchspersonen durchgeführt. GIEDKE (17) führte nun 1970 dieselben Versuche an einzelnen Versuchspersonen in Isolation durch: überraschenderweise unterschied sich jetzt die Klopfleistung der durchwachten Nacht kaum von der der durchschlafenen Nacht (s. Abb.40 in PROCEEDINGS 1970). Es wäre also denkbar, das Kurz-Bleiben der Klopfintervalle in der durchwachten Nacht der hier besprochene Versuche als "Gruppeneffekt" auf die Motivation zu deuten. Das oben angeführte "Leistungsniveau" der die Nacht durchwachenden Versuchspersonen müßte demnach in dieser Arbeit hier als "Motivationsniveau" bezeichnet werden.

IV. 2. Die unterschiedliche Auswirkung des Schlafentzuges auf Phasenlage und Amplitude der beiden Klopfarten.

Während der Schlafentzug auf die Klopffintervalle beider Klopfarten gleichermaßen verkürzend wirkt, ist sein verändernder Einfluß auf die Schwingungsparameter (Amplitude und Phasenlage) der beiden Klopfarten unterschiedlicher Natur: das schnellste Klopfen verliert seine tagesrhythmischen Schwankungen auf Kosten des nächtlichen Maximums gänzlich, das bevorzugte Klopfen verringert in der durchwachten Nacht lediglich seine Amplitude, behält aber - verglichen mit den vorangegangenen Nächten - die Lage seines Maximums bei. Dies steht im Gegensatz zu PÖPPELS (30) Ergebnissen, nach denen sich weder Phasenlage noch Amplitude bei Schlafentzug verändert.

Eine Erklärung für diese sich widersprechenden Befunde wäre in PATRICK und GILBERT's (8) Beobachtung zu suchen, die bei Versuchen an Menschen während 90 Stunden Schlafentzug feststellten "... das psychomotorische Klopftempo (gemeint ist das bevorzugte Klopfen) habe sich erst nach drei Tagen Schlafentzug geändert...".

Die Tatsache, daß der Schlafentzug die beiden psychomotorischen Funktionen in unterschiedlicher Weise beeinflusst, ließe den Schluß zu, daß es sich bei den beiden Klopfarten um unabhängige Parameter der psychomotorischen Aktivität handeln könnte.

Unterstützt wird dieser Schluß noch durch die in Tab.3 (s. S.26 dieser Arbeit) errechneten Korrelations- und Regressionskoeffizienten der mittleren Länge der Klopffintervalle zwischen den beiden Klopfarten: er ist bei den einzelnen Versuchspersonen statistisch nicht signifikant, d.h. eine hohe Geschwindigkeit beim schnellsten

Klopfen muß nicht unbedingt mit einer hohen Geschwindigkeit beim bevorzugten Klopfen einhergehen. Es können beide Klopfarten von ein und derselben Versuchsperson mit unterschiedlicher, voneinander unabhängiger oder auch entgegengesetzter Klopfgeschwindigkeit ausgeführt werden.

IV.3. Streuung und Variabilität

In der durchwachten Nacht nimmt die interindividuelle Streuung bei beiden Klopfarten merklich ab (Abb.4, obere zwei Kurven, S.11). Als Erklärung bietet sich der schon früher erwähnte "Gruppeneffekt auf die Motivation" der Versuchspersonen an, der in diesem Falle ein Angleichen der interindividuellen Klopfgeschwindigkeiten bewirkt.

Welche Bedeutung jedoch diesem "Gleichmachereffekt" bei Gruppenversuchen beigemessen werden soll, ist von den gewonnenen Meßergebnissen her nicht eindeutig zu beantworten: die "Isolation" des Schlafes, aus der während der ersten beiden Nächte die Versuchspersonen für die nächtlichen Messungen geweckt werden, müßte demnach einen nächtlichen Anstieg der interindividuellen Streuungen bewirken. Dies ist jedoch nur in einer Nacht und nur beim bevorzugten Klopfen der Fall, hingegen ist allgemein ein Anstieg der interindividuellen Streuung bei beiden Klopfarten gegen 9⁰⁰ Uhr morgens zu beobachten. Dieser Anstieg könnte durch eine interindividuell unterschiedlich schnelle Umschaltung des Organismus von "Nacht" auf "Tag", von "trophotrop" auf "ergotrop" (20) bedingt sein.

Um die Standardabweichungen beider Klopfarten miteinander vergleichen zu können, wurden die jeweiligen Variabilitätskoeffizienten gegenübergestellt (s. Abb.4, untere zwei Kurven, S. 11): der Koeffizient des bevorzugten

Klopfens ist ungefähr um den Faktor 3 größer als der des schnellsten Klopfens. Die Klopffintervalle des bevorzugten Klopfens erreichen mitunter die vierfache Länge der des schnellsten Klopfens (s. Abb.3, S.10). Aus diesen beiden Tatsachen können zweierlei Schlüsse gezogen werden:

- a. die interindividuelle Variabilität ist in gewissem Grade von der jeweiligen Klopffgeschwindigkeit abhängig. Bei kurzen Klopffintervallen (schnellstes Klopfen) ist die interindividuelle Streuung kleiner, bei längeren Klopffintervallen (bevorzugtes Klopfen) wird die interindividuelle Variabilität größer.

Zur Klärung dieses Phänomenes trägt vielleicht Folgendes bei: beim schnellsten Klopfen sind der interindividuellen Variabilität zumindest nach "unten" Grenzen neuromuskulärer Art gesetzt (Untersuchungen bei Chopinetüden von v.d.KRIES) (24). Diese untere Grenze liegt nach COHEN (11) bei 0.06-0.08 sec/ Klopffschlag und wird von ihm als "indifferente Zone" bezeichnet. Dem bevorzugten Klopfen sind weder nach "unten" noch nach "oben" Grenzen gesetzt; die jeweilige Klopffgeschwindigkeit entspricht mehr dem "Individuum" Mensch und kann somit auch einer größeren interindividuellen Variabilität unterliegen.

- b. Berücksichtigt man zwei weitere Tatsachen, daß erstens die mittleren Klopffgeschwindigkeiten der beiden Klopfarten nicht miteinander korrelieren (s. Tab.3, S. 26 und Abb.12, S.25) und zweitens die tagesrhythmischen Schwankungen beider Klopfarten in unterschiedlicher Weise durch Schlafentzug beeinflußt werden (Abb.11, S.23), so sind die unterschiedlichen Variabilitäten nur noch ein weiterer Beweis für die Selbständigkeit beider Klopfarten, die als zwei unabhängige Parameter

der psychomotorischen Aktivität betrachtet werden müssen. Sie erlauben somit keine einheitlichen Aussagen über Tagesrhythmik und deren Beeinflußbarkeit, auch wenn beide Klopfarten in einigen Schwingungsparametern wie Phasenlage und Schwingungsbreite (Abb.8 und Abb.11, S.18 und S.23) weitgehende Übereinstimmung zeigen.

IV.4. Die Korrelation der Klopfgeschwindigkeiten von rechter und linker Hand.

Während der dreitägigen Klopfversuche wurden die Klopfintervalle jeweils getrennt für die rechte und für die linke Hand aufgezeichnet. Die Korrelationskoeffizienten der Klopfgeschwindigkeiten der beiden Hände weisen bei fast allen Versuchspersonen eine statistisch hohe Signifikanz auf. Und zwar trifft dies sowohl auf die aus den 24 Meßdaten gemittelten Klopfintervallen zu (Abb.9, S.20), als auch auf die für die einzelnen Meßzeiten registrierten Klopfgeschwindigkeiten (Tab.2, S. 21 und Abb.10, S.22). Das bedeutet, daß für einen großen Teil der Versuchspersonen die Klopfintervalle der beiden Hände auch einen gleichphasigen Tagesgang aufweisen. Ein Korrelationskoeffizient, der unter dem Signifikanzniveau liegt, sagt demnach nur aus, daß die betreffende Versuchsperson mit ihren beiden Händen nicht zur gleichen Uhrzeit (=in derselben Phasenlage) schnell bzw. langsam klopft, auch wenn die mittlere Klopfgeschwindigkeit für beide Hände übereinstimmend ist.

Aus dem oben ausgeführten darf geschlossen werden, daß bei weiteren Untersuchungen dieser Art auf Zweihändigkeit verzichtet werden kann. Es genügt, Messungen nur mit einer Hand - z.B. der "Gebrauchshand" - ausführen zu lassen. Da sich unter den Versuchspersonen auch ein

Linkshänder befand, dessen Kurvenbild sich jedoch in keinerlei Hinsicht von dem der Rechtshänder abhob, kann angenommen werden, daß die Händigkeit einer Person keinen Einfluß auf Schwingungsbreite oder Tagesgang der Klopfintervalle besitzt.

IV.5. Der Geschlechtsunterschied

Erwähnenswert ist der Geschlechtsunterschied, der sich in statistisch gesicherten Unterschieden der Klopfgeschwindigkeiten äußert (Abb.5, S.12). Es werden von verschiedenen Autoren (8, 15) in jeweils voneinander unabhängigen Arbeiten allgemein schnellere Klopfgeschwindigkeiten beim schnellsten Klopfen bei den weiblichen Versuchspersonen gegenüber den männlichen festgestellt. Eine Reihe anderer Autoren (16, 27, 36, 37,) behauptet dagegen in ihren Arbeiten, daß ihre männlichen Versuchspersonen im Schnitt wesentlich schneller als die weiblichen klopfen würden, allerdings geht aus den Angaben nicht hervor, welche Klopfart dabei gemeint ist. Da in den hier besprochenen Versuchen die männlichen Versuchspersonen nur beim bevorzugten Klopfen im Schnitt schneller klopfen als die weiblichen, liegt die Vermutung nahe, daß die letztgenannten Autoren das bevorzugte Klopfen untersucht hatten.

Aus welchen Gründen die unterschiedlichen Klopfgeschwindigkeiten an das Geschlecht einer Versuchsperson gebunden sind und welcher Bedeutung diesem Phänomen beigemessen werden soll, kann im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter erörtert werden. In der Literatur lassen sich keine Deutungen dieses "Geschlechtsunterschiedes" finden, eine Erklärung aus psychologischer Sicht verleitet wahrscheinlich nur zu Fehlschlüssen:

die schnelleren Klopfgeschwindigkeiten der weiblichen Versuchspersonen beim schnellsten Klopfen könnten von einer größeren Fingerfertigkeit und -geschicklichkeit abgeleitet werden, der ausgeprägtere Tagesgang auf affektive Antriebe zurückgeführt werden, denen weibliche Individuen im stärkeren Maße unterliegen sollen (37). Keine dieser Erklärung ist sehr befriedigend, eine endgültige Deutung steht noch aus.

Y. ZUSAMMENFASSUNG

Untersucht wurden die tagesperiodischen Schwankungen zweier Klopfarten (schnellstes und bevorzugtes Klopfen) und deren Veränderung unter Schlafentzug. Zu diesem Zweck wurde in einem drei Tage und drei Nächte währenden Versuch die Klopfgeschwindigkeiten von 12 Versuchspersonen (6 weibliche und 6 männliche) in dreistündlichem Abstand mittels einer Morsetaste und standardisierter Klopfmanier, von rechter und von linker Hand gesondert gemessen. In den beiden ersten Nächten wurden die Versuchspersonen zu den einzelnen Messungen geweckt, die dritte Nacht mußten sie durchwachen. Folgende kegelhaftigkeiten konnten durch diesen Versuch ermittelt werden:

1. Die schnellsten Klopfgeschwindigkeiten wurden tagsüber verzeichnet, die langsamsten stets während der Nacht, in der die Versuchspersonen zu den Messungen jeweils geweckt wurden.
Dies steht in Übereinstimmung mit tagesperiodischen Schwankungen anderer physiologischer und psychologischer Aktivitätsmessungen am Menschen (1, 10, 12, 17, 18, 20, 30, 33).
2. In der durchwachten Nacht verringern sich die Schwingungsbreiten durch Verkürzen der maximal langen Intervalle. Damit senkt sich das 24-Stunden-Mittel der klopfintervalle und es fehlt der sonst beobachtete nächtliche "Leistungsabfall".
3. Der Tagesgang (Verteilung der Lage der Klopfmaxima und -minima) der beiden Klopfarten wird durch den Schlafentzug unterschiedlich beeinflußt.
Auch konnte eine Korrelation zwischen den mittleren

Klopfintervallen des schnellsten und des bevorzugten Klopfens statistisch nicht ermittelt werden.

Es wird postuliert, die beiden Klopfarten als zwei verschiedene Parameter der willkürlichen Aktivität zu behandeln, auch wenn sie in einigen Schwingungsparametern (Tagesgang und Amplitude) unter "normalen" Bedingungen Übereinstimmung aufweisen.

4. Die mittleren Klopfintervalle und die Tagesgänge der rechten und der linken Hand sind statistisch hochsignifikant miteinander korreliert.
5. Die Klopfintervalle der beiden Klopfarten weisen statistisch gesicherte Geschlechtsunterschiede auf: beim schnellsten Klopfen erreichen die weiblichen Versuchspersonen, beim bevorzugten Klopfen wählen die männlichen Versuchspersonen eine höhere mittlere Klopfschwindigkeit.

Beide Klopfarten erweisen sich als brauchbare Indikatoren für tagesperiodische Schwankungen und deren Beeinflussbarkeit durch unterschiedliche Bedingungen des Schlaf-Wach-Rhythmus. Da Durchführung, Anordnung und technischer Aufwand dieser Versuche denkbar einfach ist, genügen sie in befriedigendem Maße den Anforderungen, die heutzutage an Routineuntersuchungen im Bereich der Tagesperiodik gestellt werden müssen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. ASCHOFF, J.: Exogene und endogene Komponente der 24-Stunden-Periodik bei Mensch und Tier. Naturwiss. 42, 51-59 (1955).
 - Aktivitätsmuster der Tagesperiodik. Naturwiss. 44, 361-364 (1957)
 - Zeitliche Strukturen biologischer Vorgänge. Nov. Act. Leopold. 21, Nr. 143, 147-177 (1959).
 - Comparative Physiology: Diurnal rhythms. Ann. Rev. 25, 581-600 (1963).
 - Biologische Periodik als selbsterregte Schwingung. Arbeitsgem. für Forschung d. Landes Nordrhein-Westfalen, 138, 57-59 (1964).
 - Survival Value of Diurnal Rhythms. Symp. Zool. Soc. London, 13, 79-98 (1964).
 - Significance of Circadian Rhythms for Space Flight. Proc. 3rd Int. Symp. (San Antonio): Bioastronautics and the Exploration of Space, 465-484. Ed. Th. C. Bedwell and H. Strughold (1964).
 - Circadian Rhythms in Man. Science 148, 1427-1432 (1965).
 - Circadian Clocks. North-Holland Publ. Comp. Amsterdam (1965)
 - Human Circadian Rhythms in Activity, Body Temperature and Other Functions. Proc. VII, Int. Space Science Symp. Wien 1966.

2. ASCHOFF, J., GERECKE, U., and WEVER, R.: Desynchronisation of Human Circadian Rhythms. Jap. J. Physiol. 17, 450-457 (1967).
3. ASCHOFF, J., GIEDKE, H., PÖPPEL, E. and WEVER, R.: Influences of Sleep-Deprivation on Human Circadian Rhythms in Performance. NATO-Symposion, Strassbourg 1970.
 - The Influence of Sleep-Interruption and of Sleep-Deprivation on Circadian Rhythms in Human Performance. In: Aspects of Human Efficiency (Ed. W.B. Colquhoun), 135-150. The English Universities Press Ltd., London 1972.
4. ASCHOFF, J., PÖPPEL, E., and WEVER, R.: Circadiane Periodik des Menschen unter dem Einfluß von Licht-Dunkel-Wechsel unterschiedlicher Periode. Pflügers Arch. 306, 58-70 (1969).
 - Desynchronisation and Resynchronisation of Human Circadian Rhythms. Aerospace Med. 40, 844-849 (1969).
 - Exogenous and Endogenous Components in Circadian Rhythms. Cold Spring Harbour Symp. Quant. Biol. 25, 11-28 (1960).
5. ADAMS and CHILES: Adaptationsmöglichkeiten des Menschen an unkonventionelle Arbeit-Ruhe-Rhythmen. In: SCHMIDTKE, H.: Die Ermüdung, 1965.
6. BJERNER, HOLM and SWENSON: Verteilung von Fehlablesungen bei Gasanstaltsarbeitern, 1955.
7. BAGLEY, W.: On the Correlations of Mental and Motor Ability. Am. J. Ps. 5, (1892).
8. BOLTON, T.: The Relation of Motor Power to Intelligence. Am. J. Ps. 14, (1903).

9. BRYAN, W.: On the Development of Voluntary Motor Ability.
Am. J. Ps. 5, (1892).
10. BÜNNING, E.: Die physiologische Uhr. 2. Aufl., Springer-
Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1963.
11. COHEN, J.: Subjective Time, pp 257. In: The Voices of Time
ed. by J.F. FRAISER, 1966.
12. DRESSLAR, F.B.: Some Influences which affect the Rapidity
of Voluntary Movements. Americ. J. of Psychol. 4, 1892.
13. ENKE, W.: Die Psychomotorik der Konstitutionstypen. Zeit-
schrift für Angew. Psychol. 36, 1930.
14. FIORICA, U., HIGGINS, E.A., JAMPETRO, P.F., LATEGOTTA, M.T.
and DAVIS, A.W.: Physiological Responses of Men during
Sleep Deprivation. Journ. Appl. Physiol. 24, 167-176 (1968).
15. FRISCHETSEN-KÖHLER, I.: Das Persönliche Tempo. Diss. Berlin
1933.
16. GATES, A.I.: Variation in Efficiency during the Day, to-
gether with Practice Effects, Sex Differences and Corre-
lations. Univ. of California Publications in Psychol.,
Vol. 2, No. 1, March 1916.
17. GIEDKE, H.: Veränderung der Tagesperiodik psychomotorischer
Funktionen in Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen.
Diss. Med. München 1969.
18. GILBERT, L. and PATRICK, A.: Researches on the Mental and
Physical Development of School Children. Ed. Yale, Ps.
Lab. 2, 1894
- On the Effects of Loss of Sleep. Psychol. Rev. 3, Vol. 3,
Nr. 5, Lancaster 1896.

19. GRAY, I.A.: The Psychology of Fear and Stress. In press. London 1970.
- 19a. GIESE, F.: Über den Geschlechtsunterschied. Verlag Langens (1917).
20. GRAF, O.: Studien über die vegetative 24-Stunden-Rhythmik in Ruhe und unter Belastung. Forschungsbericht d. Wirtschafts- u. Verkehrsminist. Nordrhein-Westf. 1955.
21. HATDER, M.: Ermüdung, Beanspruchung und Leistung. Franz-Deuticke-Verlag, Wien 1962.
22. HORST, v.d.L.: Experimentell psychologische Untersuchungen zu Kretschmers Körperbau u. Charakter. Zeitschr. f. die ges. Neurol. u. Psychiatry 93, 345 (1924).
23. JANSEN, G., RUTENFRANZ, J., SINGER, R.: Über eine circadiane Rhythmik sensumotorischer Leistungen. Int. Z. Angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 22, 65-83 (1966).
24. KHIES, v.J.: Zur Kenntnis der willkürlichen Muskel-tätigkeit. Arch. für Physiol. Suppl. (1886).
25. MARSH, H.D.: The diurnal course of Efficiency. Diss. Columbia Univ. NY (1906).
26. MENZEL, W.: Menschliche Tag-Nacht-Rhythmik u. Schichtarbeit. Benno-Schwabe-Verlag Basel/Stuttgart (1962).
- 26a. MILLS, J.: Human circadian Rhythms. Physiol. Rev. 46, 128-171 (1966).
27. LIPMANN, O.: Psychische Geschlechtsunterschiede. Beiheft. z. Z. für ^Angew. Psychol. 14a, 2. Aufl. Leipzig (1924)
28. PIETKOWSKI, P.: Über die 24-Stunden-Rhythmik d. Menschen u. das Veg. NS. Inter. Z. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. Bd. 16, 198-211 (1955).

29. PITTENDRIGHT, C.S.: On temporal Organisation in Living Systems. Harvey Lect. 56, 93 (1961).
30. PÖPPEL, E.: Tagesperiodische Veränderungen der akustischen Adaptation u. des psychomot. Tempos mit u. ohne Nachtruhe. Pflügers Arch. Bd. 300, Heft 1, 11 (1968).
31. PÖPPEL, E., Aschoff, J.C., Giedke, H.: Tagesperiodische Veränderung der Reaktionszeit bei Wahlreaktionen. M.P.I.V. Seewiesen-Erling-Andechs (1969).
32. RUTENFRANZ, J.: Zur Frage einer Tagesrhythmik d. elektrischen Hautwiderstandes. Intern. angew. Physiol. einschl. Arbeitsphysiol. 16, 152 Dortmund (1955).
33. REAM, M.: The Tapping Test, a measure of Motility. Aus: Psychol. Rev. Monograph Suppl. 31 (1922).
34. SCHMIDTKE, H.: Die Ermüdung. Symptome, Theorien, Messversuche. Verlag H. Huber, Bern-Stuttgart (1965).
- 34a. STEGET, S.: Nonparametric statistics for the behavioral sciences. Mc Graw-Hill-Book-Comp. (1956).
35. SOLLBERGER, H.: Tagesschwankungen in der Streuung biologischer Werte. Act. Med. Scand. Suppl. 307, 69 (1955).
36. THOMPSON, H.B.: The mental traits of Sex. Chicago 1903.
37. WELLS, F.I.: Sex Differences in the Tapping Test, an interpretation. Am. J. Psychol. 20, (1909).
38. WEVER, R.: Gesetzmäßigkeiten der circadianen Periodik d. Menschen, geprüft an der Wirkung eines schwachen elektr. Wechselfeldes. Pflüg. Arch. 302, 97-122 (1968).
- Autonome circadiane Periodik des Menschen unter dem Einfluß verschiedener Beleuchtungs-Bedingungen. Pflüg. Arch. 306, 71-91 (1969).

- Das Schwingungsgesetz der biologischen Tagesperiodik.
Umschau in Wiss. u. Technik, 14, 462-469, 1966.
 - Zum Mechanismus der biologischen 24-Stunden-Periodik.
Sonderdruck aus: "Kybernetik", Bd.1, Heft4, 139-154, 1962.
39. WILKINSON, R.T.: Effects of up to 60 hours Sleep Deprivation on Different Types of Work. Ergonomics 7, 175 (1964).
40. WARREN, N., CLARK, B.: Blocking in mental and motor Tasks during a 65-hour-vigil. J. exp. Psychol. 21, 97-105 (1937).

LEBENS LAUF

Am 15.2.43 wurde ich, Marion Winnewisser geb. Metzging, in Berlin geboren. Mein Vater, Gerhard Metzging, war Peilflugleiter bei der Lufthansa und ist seit 1943 in Rußland vermißt.

Ich besuchte in Barcelona/Spanien die dortige Deutsche Schule - an der auch meine Mutter, Erna Metzging, als Kindergärtnerin tätig ist - und schloß am 7.6.61 mit dem Reifezeugnis meine Schulausbildung ab.

Von März 1962 bis März 1964 studierte ich an der Pädagogischen Hochschule in Heidelberg und immatrikulierte mich nach der Ersten Prüfung für das Lehramt an Volksschulen im SS 1964 an der Medizinischen Fakultät der Universität Heidelberg.

Nach dem Vorphysikum wechselte ich an die Universität München über und schloß mein Medizinstudium mit dem Staatsexamen im SS 1970 in München ab.

Nachdem ich meine Medizinalassistentenzeit im Krankenhaus München-Schwabing, IV. Innere Medizin und im Krankenhaus München-Harlaching, Chirurgische Abtlg., absolviert hatte, erhielt ich im September 1971 meine Approbation.

Zur Zeit arbeite ich als Assistent bei Prof. Begemann, Krankenhaus München-Schwabing, im Forschungslabor der dortigen Hämatologischen Abteilung.

